VITTORIO

RIPARAZIONE MILITARE DEI PONTI

RIPARAZIONE MILITARE

DEI PONTI

DISSERTAZIONE E TESI

DI

GIULIANO VITTORIO

LUOGOTENENTE DEL GENIO MILITARE

PER OTTENERE IL DIPLOMA D'INGEGNERE LAUREATO

NAPOLI
TIPOGRAFIA DI ALFONSO SPINELLI
Strada Latilla n.° 10
1870

A MIA MADRE

RIPARAZIONE MILITARE DEI PONTI

Fra i molti problemi che si possono presentare ad un ingegnere militare durante una campagna di guerra, il più arduo ed il più importante è senza dubbio » le riparazioni da farsi ad un ponte stato in parte distrutto dal nemico, onde renderlo di nuovo atto al passaggio delle truppe e del materiale vario. »

La difficoltà della risoluzione pratica di questo problema risulterà tanto più evidente ove si consideri, che in questa come in tutte le altre operazioni militari la prima condizione richiesta è la rapidità d'esecuzione, per ottenere la quale richiedesi essenzialmente semplicità e leggerezza nel materiale, affinchè il suo traspòrto non cagioni soverchio ingombro sulle linee d'operazione, e sieno evitate le cause d'errore e di disordine che sempre accompagnano questo genere di lavori.

Questa parte della militare ingegneria che ha avuto moltissime applicazioni pratiche nelle passate guerre, ha sinora tenuto di mira la riattivazione dei ponti stabili dal solo lato del passaggio dei pesi militari, cioè delle truppe, e del materiale di campagna e di assedio: ma oggidì, le ferrovie avendo preso un posto di prima importanza nell'arte della guerra, e coi progressi fatti dall'arte del costruttore potendosi presentare riparazioni a ponti e viadotti di considerevoli campate e molto elevate sul corso d'acqua o sul fondo della vallata, ne consegue che i mezzi prima impiegati, quantunque molto pregievoli per semplicità e rapidità d'esecuzione, sono

insufficienti e quasi totalmente da abbandonarsi, e la mente dell' ingegnere militare deve rivolgersi a nuovi studii pel conseguimento dello scopo, avvalendosi di tutti i mezzi offerti dalle industrie, e specialmente dell' abbondanza dei metalli e del loro facile impiego nelle costruzioni.

La rottura di un ponte, allorchè è completa, trae con sè l' interruzione del traffico sulla linea; e la difficoltà della riparazione dipende dalla larghezza della breccia praticata, e dalla sua altezza sul corso d' acqua. Una breccia minore di 4 a 6 metri potendosi sempre riparare con ripieghi semplici, facili ad esser collocati a sito, ed eseguibili con rotaie, travi, od altri materiali reperibili sul sito, il modo più ovvio di riparazione consiste nel suddividere la breccia, mediante punti d' appoggio intermediari, in campate di larghezza limitata. La questione della riparazione è allora ridotta allo studio dell' organizzazione dei punti d' appoggio intermedii e riescirà di molto semplificata; ma è facile vedere che ben spesso la divisione della breccia con questo mezzo è impossibile o troppo dispendiosa, ed allora conviene ricorrere a ripieghi più grandiosi scelti fra i tipi addottati dall' esperienza. Finalmente devesi pure prevedere il caso in cui la riparazione dell' opera richieda lavori, spese o tempo in una proporzione maggiore di quello che lo permettano le esigenze della guerra. In questo caso l' unico mezzo per ristabilire la circolazione consiste (se si tratta d' una strada ferrata) nell' abbandonare la porzione di linea vicina all' opera rotta, discendere al fondo della valle mediante una linea a forti pendenze e piccoli raggi, e risalire allo stesso modo il pendio opposto onde raggiungere l' altro tronco della linea, dopo d' aver passato il corso d' acqua con un ponte ordinario.

Lo stesso procedimento si applica nel caso che si tratti d' una strada ordinaria; ed è pure coll' impiego delle linee

provvisorie a forti pendenze e forti curvature che si ripiega alla rottura dei tunnels.

Riassumendo: i diversi procedimenti per la riparazione dei ponti si riducono ai tre seguenti :

1.° Dividere la breccia mediante sostegni intermedii.

2.° Ove ciò non sia possibile impiegare ripieghi convenienti a grandi campate.

3.° Come ultimo spediente deviare la linea interrotta.

I limiti impostimi non permettendomi di passar in rassegna i vari ripieghi da addottarsi nei diversi casi e convenienti ai varii tipi di ponte, nella presente memoria io non tratterò che delle riparazioni militari ai ponti delle strade ferrate, fatte con sostegni fissi, parlando più specialmente dei pali a vite e delle riparazioni mediante rotaie.

Riparazione militare dei ponti delle ferrovie mediante sostegni fissi

Per la riparazione d' un ponte si possono impiegare dei sostegni fissi e dei sostegni galleggianti: l' uso però di questi ultimi è assai ristretto nella pratica, non essendo vantaggioso che nel solo caso in cui circostanze particolari abbiano indotto l'ingegnere ad abbandonare l' opera d' arte danneggiata, ed a ristabilire le comunicazioni mediante un ponte provvisorio.

Per sostegni fissi si adoperano i cavalletti, le palificate, oppure quadri di legname costrutti sopra suole di legno di ferro o di ghisa. Anche i cavalletti costituiscono un corpo di sostegno che raramente converrà d' impiegare nel caso che si considera, giacchè 1.° in essi la forza del legname è pochissimo utilizzata a cagione delle profonde intaccature richieste dalle congiunzioni: 2.° i loro piedi essendo semplice-

mente posati sul fondo del corso d' acqua non si possono considerare come egualmente premuti: 3.° perchè per pesi così grandi, quali sono quelli che consideriamo, il cavalletto perde uno dei suoi principali vantaggi cessando d'esser maneggevole, soprattutto per le altezze che si presentano più comunemente, e che non sono mai minori di 4 o 5 metri.

Però l' uso dei cavalletti come corpi di sostegno potrà esser conveniente allorchè abbandonata l' idea di riparare direttamente il ponte, si attraversi il corso d'acqua sopra un ponte provvisorio. In questo caso converrà adoperare travi di 0^m, 25 a 0^m 30 per il cappello e di 0^m 25 per i piedi, disponendoli in modo che la distanza orizzontale tra quelli posti a monte e quelli posti a valle sia minore della distanza tra le due file di rotaie, onde le longarine, le qnali portano la strada, sieno a piombo dei piedi.

I pali disposti in palate o sopra parecchie file costituiscono il mezzo più conveniente per stabilire solidamente dei sostegni per un' opera di una durata limitata. Infatti supponendo che il palo sia di legno forte, nel qual caso può sopportare una pressione di 0^k, 3 per millimetro quadrato, e ritenendo che il sovraccarico per metro corrente di via, compreso il tavolato, sia di 6 tonnellate, si troverebbe che esso può resistere ad una pressione di 12 tonnellate ove abbia 0^m, 20 di squadratura, e che 5 pali per ogni palificata bastano per una tratta di 10 metri. Se si ripetesse lo stesso calcolo per una trave di 0^m, 10 di squadratnra si troverebbe che esso può resistere ad una pressione di 3 tonnellate e che il numero dei pali necessarii per la stessa tratta è di 20; quindi si può conchiudere che per la costruzione delle palificate si possono adoperare anche pali di piccola squadratura, senza essere obbligati a porne un numero troppo grande per ogni palata. Notisi però che nel calcolo precedente si suppose che i pali

fossero di legno forte ed in buone condizioni: se invece fossero di legno dolce bisognerebbe per ogni palata triplicare il numero dei pali. Se poi i pali fossero di legname deteriorato o di cattiva qualità, sarebbe necessario di moltiplicare per 10 o per 12 le sezioni resistenti.

La difficoltà che presentano i pali all' affondamento è il principale ostacolo che si oppone all' impiego di questo sistema per le riparazioni militari. A questo inconveniente però si può facilmente rimediare mediante l' uso dei pali a vite.

I pali a vite sono pali ordinarii muniti ad un estremità d' una puntazza, la quale porta una larga vite in ferro, il di cui verme è continuo, oppure addentellato a guisa di sega.

Avvitati nel suolo, la larga superficie della vite resiste ad una pressione dall' alto in basso o ad una spinta dal basso in alto proporzionalmente alla sua sezione ed alla tenacità del suolo in cui è affondata. L' esperienza ha dimostrato che i pali a vite possono penetrare in tutte le varie specie di terre e di roccie tenere, e che una vite del diametro di 1*m* 22 risponde a tutte le esigenze: si costrussero viti di diametro maggiore, e si riconobbe che non vi è alcuna difficoltà nella costruzione e nell' impiego d' una vite d'un diametro qualuuque.

Dietro esperienze fatte per la costruzione del faro di Maplin Sand sembra che si possano sottoporre le viti ad un peso permanente di 7 tonnellate per metro quadrato di sezione. Il Capitano Mitchell assegna 65$^{tonn.}$, 6 come limite del peso a cui si può sottoporre una vite per m. q. di superficie ed assicura che tale peso si può ammettere con tutta sicurezza eccetto nei terreni molto mobili. Il limite del peso a cui si può sottoporre un palo essendo di 3 tonnellate per decimetro quadrato, basterà, onde la vite sia meno esposta alla rottura che il legno del palo allo schiacciamento , che la sezione della vite sia il quintuplo di quella del palo, limite che

sarà sempre oltrepassato, eccetto nei terreni resistenti, nei quali la vite è adoperata per facilitare l'affondamento, senza tener conto della resistenza sua propria.

Uno fra i principali vantaggi dei pali a vite considerati specialmente dal lato delle operazioni militari si è la rapidità con cui possono venir affondati, rapidità che supera d'assai quella che si ottiene coi battipali, non solo per la facilità con cui il palo penetra nel suolo, ma anche perchè si può arrestar l'affondamento prima d'aver raggiunto il terreno solido.

L'affondamento si ottiene mediante un argano solidamente fissato ad un'altezza conveniente al disopra del palo che si vuole affondare, applicando gli uomini o alle braccia dell'argano od a corde avvolte sulla circonferenza di queste braccia. Secondo il Capitano Mitchell sei uomini affonderebbero in 6 minuti una vite del diametro di 0^m 915 alla profondità di 3^m 050 in un terreno facilmente penetrabile: in un terreno argilloso si raggiungerebbe la stessa profondità in 10 minuti circa. Però malgrado la facilità che presenta l'affondamento a braccia d'uomini, sarebbe più economica una macchina della forza di sette cavalli a vapore sempre quando i pali da affondarsi fossero molti, ed allora si potrebbero affondar le viti con una velocità più considerevole. D'altronde l'impiego delle macchine a vapore in simili riparazioni sarà nella maggior parte dei casi possibile, impiegando come motori le locomotive disponibili della linea interrotta.

In quanto alla precisione della posa del palo, essa è per lo meno eguale a quella che si ottiene coi battipali, ed il sig, Mitchell assicura che si possono mettere a sito i pali a vite coll'approssimazione di 0, 015, quantità completamente trascurabile.

In riassunto i pali a vite possono impiegarsi come sostegni fissi in tutti i terreni, eccettuate le roccie compatte.

Essi sono vantaggiosi per la facilità d'affondamento e per la resistenza, che nei terreni mobili, la vite oppone alle pressioni ed alle spinte che tenderebbero a smuovere il palo.

Il sig. Chevalier, in una sua memoria intorno alle fondazioni mediante pali a vite, descrive le forme e dà le dimensioni di parecchi tipi impiegati in diverse circostanze. Siccome però la moltiplicità dei tipi è contraria alla facilità di fabbricazione ed alla comodità del loro impiego, converrà, nelle riparazioni militari, ridurre ad un solo il numero dei modelli proposti. Di più i pesi delle puntazze a vite, anche le più leggiere, variando da 65 a 150 Kg, sarà conveniente di sopprimerle, sempre quando la punta del palo penetri sufficientemente nel terreno sotto l'azione del solo suo peso.

La soppressione però delle puntazze sarà solo possibile nei pali destinati alle riparazioni dei viadotti, giacchè nei ponti propriamente detti, alleggerendo la punta del palo che si vuol affondare, l'acqua ne renderebbe difficile la sua collocazione a sito. Le puntazze possono esser costrutte in ferro od in ghisa: queste ultime resistono meglio all'affondamento per urto: ma siccome nell'affondamento per rotazione le punte dei pali non ricevono urti, si possono impiegar puntazze in ferro, oppure per maggior leggerezza, in lamiera di ferro. Gli orli della lamiera si uniranno allora secondo una generatrice, avvertendo che quello esterno non impedisca la rotazione.

Così secondochè il terreno sarà più o meno resistente, l'elica sporgente sarà fissata sul palo, oppure la punta del palo sarà munita d'una puntazza a vite di lamiera di ferro.

Le dimensioni dell'elica sporgente e del palo saranno le seguenti:

Diametro del palo. . . . . . . 0^m, 200
Diametro dell'elica. . . . . . 0^m, 500

Passo dell'elica . . . . 0^m, 100

Numero dei giri 1 $^1/_4$ a 2

Spessore della lamiera. . . . . 0^m, 003 a 0^m, 005

Peso dell' elica corrispondente ad un giro e mezzo.

Per 0^m,003 di spessore. . . . . . 6^k, 9

Per 0^m,005 id. . . . . 11^k,6

L' esperienza dimostrerà se sono più convenienti le eliche costrutte a caldo, oppure quelle costrutte a freddo.

L' elica sporgente si può anche fissare sulla parte cilindrica del palo, osservando che il passo rimanga costante, giacchè esso rappresenta l' affondamento del palo per ogni giro di argano.

I casi in cui si debbano affondar pali a vite in terreni molto resistenti si presentano troppo di rado per render necessario un tipo speciale : se però le circostanze esigessero l'impiego di questo metodo di fondazione, bisognerebbe costruire delle puntazze coniche il di cui profilo si raccordasse mediante una curva al profilo rettilineo del cilindro, ed armate a cominciar dalla punta d' una vite elicoidale poco sporgente , e sensibilmente triangolare.

Nel caso in cui si debbano affondar pali in terreni pantanosi o di sabbie mobili, si dovranno impiegare eliche molto larghe ed apiattite.

Due sono i casi che si possono presentare nell' affondamento dei pali a vite :

1.° Il terreno in cui si vogliono affondare i pali non è sommerso, come succede allorquando si tratta di riparazioni a viadotti.

2.° Il terreno è sommerso come succede pei ponti.

Nel 1.° caso si pratica mediante una grossa trivella un foro di diametro un poco minore di quello del palo ; si colloca questo palo dentro il foro, tenendolo verticale, od inclinato secondo l' inclinazione voluta, e fissato l' argano sopra il

palo ad un altezza conveniente, lo si metterà in movimento applicandovi alle sue braccia il numero d'uomini necessario, numero che varierà da quattro a dodici per i pali delle dimensioni studiate. Avvertasi che non sarà quasi mai necessario di far scendere il palo sino al terreno solido, e che basterà generalmente un affondamento di uno a tre metri se il terreno non è troppo mobile, e se la palificata è munita di doppie traverse ad incastro.

Nel 2.° caso si pianteranno i pali mediante una porticra di manovra, oppure avanzando per travate successive al modo stesso con cui si costruiscono i ponti militari. Con questo mezzo si affondarono i pali per la costruzione della gettata di Court-Town, perciò questo procedimento prende il nome di procedimento di Court-Town.

Il primo procedimento, quello cioè mediante la portiera di manovra, viene impiegato per le palificate dei ponti con grandi campate. Ancorata convenientemente la portiera, si colloca a sito il palo, e si mette in movimento l'argano mediante uomini, oppure facendo uso d' un verricello il quale trasmette la sua azione ad una corda avvolta alla cima delle braccia dell'argano. Al principio della manovra si avrà cura di dirigere l'affondamento, e di mantenere a sito il palo.

Allorchè le campate non oltrepassano i 10 metri, si potranno affondar i pali mediante il procedimento di Court-Tovvn. La manovra si eseguisce sopra un tavolato provvisorio più o men completo, prolungato sino all'ultima palificata costrutta: questo tavolato poggierà sui cappelli della palificata, oppure sopra traverse orizzontali non molto elevate sul pelo delle acque, onde il palo non riesca troppo lungo, poichè in questo caso la manovra riescirebbe lunga e penosa. Si ammette in generale che questo tavolato di manovra non deve esser elevato più di 8 metri sul fondo del fiume. La manovra si eseguisce mediante una robusta trave armata, costitui-

ta da due o quattro longarine lunghe da 10 a 20 metri secondo la larghezza della campata. La trave di manovra si colloca sopra l'ultima campata costrutta, e deve esser abbastanza lunga per sporger fuori per la lunghezza d'una campata. Sovra di essa si farà scorrere il palo a vite, ed allorchè sarà giunto all'estremità anteriore, si drizza e si fa forza all'argano come si disse più sopra.

Nella gettata di Court-Tovvn costrutta in mare durante tempi cattivi ed avvitando i pali a 4 metri di profondità media, la velocità d'avanzamento del lavoro era d'una campata al giorno. In un fiume ordinario ed in un terreno di mezzana resistenza si può calcolare su d'una velocità doppia: quindi una campata di 50 metri si potrebbe dividere in campate di 10 metri mediante quattro sostegni intermedi i quali si potrebbero costruire in un sol giorno.

Io non parlerò della forma e della disposizione delle palificate più conveniente alle diverse altezze del tavolato sul pelo delle acque, o sul fondo della vallata, essendo questo argomento ampiamente svolto in tutti i trattati di Costruzione: dirò piuttosto brevemente dei carichi normali di cui si possono gravare i sostegni fissi d'una grande altezza. Il sig. Nordling in una sua accurata memoria sulle pile metalliche dei grandi viadotti, assegna un carico normale di $2^k,5$ per millimetro quadrato di montanti in ghisa, Ammettendo la stessa proporzione per la resistenza dei montanti in legno, ne risulterebbe un carico normale di $0^k,0375$ per millimetro quadrato. Raddoppiando questo numero per tener conto che l'opera è solamente provvisoria, si avrà per carico normale e per millimetro quadrato $0^k,075$; quindi si vede che triplicando o quadruplicando il numero dei pali precedentemente indicato allorchè si trattò del peso di cui si poteva sopraccaricare un palo secondo la sua squadratura, si ottengono risultati

conformi alla pratica, e convenienti al caso in cui i sostegni sieno molto elevati.

Dal sin qui detto intorno ai pali a vite risulta chiaramente che la facilità e la rapidità con cui si possono preparare e metter a sito, rende vantaggiosissimo il loro impiego per le riparazioni che potrebbero occorrere durante una campagna di guerra alle opere d'arte, e specialmente ai ponti delle strade ferrate.

Allorchè il fondo del fiume è unito, come succede quando si devono innalzar sostegni sopra una muratura preesistente, o sopra un terreno solido che si può eguagliare, si possono impiegare come sostegni fissi quadri di legname che si collocano a sito mediante corde e ganci, oppure col sussidio d' una barca allorquando la campata sia troppo estesa.

Drizzato il quadro, si unisce il suo cappello a quello precedente, e si compie la costruzione del ponte, oppure s'innalzano altri quadri sinchè si raggiunga l'altezza del tavolato.

Questo sistema fu spesso adoperato nell'America durante la guerra della Secessione per riparare le opere d'arte delle strade ferrate.

Molti ingegneri militari attribuiscono alle rotaie una grande importanza come materiale per la riparazione dei ponti delle strade ferrate. A questa opinione si possono però opporre delle serie obbiezioni: infatti le rotaie necessarie non si potranno togliere dalla strada se essa è ad un sol binario, e se è a due binari, quand' anche si volesse abbandonare una delle linee per ristabilir la circolazione sull'altra, bisogna tener conto che nel punto dove la strada è interrotta venendo a metter capo la linea sino al ristabilimento delle comunicazioni, saranno ivi necessarie molte rotaie, per stabilire depositi e vie di manovre per il materiale e gli approvigionamenti che vi affluiranno.

Nè bisogna credere che si potranno utilizzare i depositi esistenti sulla linea conquistata al nemico, giacchè in generale questi non conterranno che il solo materiale necessario pei bisogni del servizio corrente, e d'altronde è da prevedersi che il nemico prima di ritirarsi li distrugga o ne esporti il materiale. All'epoca nostra in cui le strade ferrate hanno acquistato una così grande importanza militare, il far assegnamento sulle rotaie del nemico e sul suo materiale di strade ferrate equivale a tener conto dei cannoni e delle munizioni che gli si potrebbero prendere. A coloro poi i quali propongono depositi di rotaie preparati preventivamente sulla base d'operazione, si potrebbe rispondere, che si possono preparar con egual facilità depositi di travi e di lamiere di ferro appropriate a queste riparazioni, le quali per esser meno pesanti importando minor spesa di trasporto , sarebbero per ciò stesso molto più economiche, purchè si sieno fatte previsioni ragionevoli sui bisogni che potrebbero occorrere.

Finalmente devesi osservare, che le rotaie considerate come materiali per la riparazione dei ponti hanno un valore intrinseco assai debole, perchè il ferro di cui sono composte è sempre di qualità inferiore, e così agro che spesso si spaccano sotto l'azione dei punteruoli con cui si praticano i fori per le caviglie d'eclisses.

Di più coll'uso, il ferro delle rotaie perde ogni sua buona qualità : la sua tessitura da fibbrosa diventa granulosa , e nel punto ove esse appoggiano sulle traversine, come pure nel mezzo delle portate, si formano dei punti deboli i quali non permettono di adoperare le rotaie come sbarre di ferro di sezione uniforme. Queste stesse deformazioni del ferro impedirono il capovolgimento delle rotaie a doppio fungo che già avevano servito per qualche tempo.

La compagnia Francese delle Ferrovie del Mezzogiorno fece

studiare palificate costituite da rotaie Brunel e Barlow, collo scopo principalmente di trar partito delle rotaie di questo sistema esistenti nei depositi le quali aveano perduto ogni valore a cagione dell'adozione delle rotaie a doppio fungo. Però tali palificate non fecero buona riuscita e non furono applicate su grande scala.

Le rotaie più comunemente in uso oggidì sono quelle a doppio fungo e le rotaie Vignole. Esse si prestano molto meno alle congiunzioni di quelle Barlovv e sono di metallo inferiore, tuttavia si possono impiegare come ritti per formar pile di ponte, e la disposizione la più conveniente sembra esser il perimetro d' un rettangolo sul quale verrebbero innalzati i ritti.

Se le rotaie non sono munite di fori per le caviglie delle eclisses, si avvertirà di collocar ad ogni altezza di rotaie una doppia fascia orizzontale munita d' incastri e tenuta a sito mediante chiodi caviglie ecc. Questa fascia doppia servirà di suola per un 2.° ordine di rotaie.

Se poi sono munite di foro ciascun piano di rotaie è unito ad eclisses al piano inferiore, e le doppie fasce orizzontali sono collocate a tale distanza verticale tra di loro, che le diagonali dei parallelogrammi che ne risultano sieno eguali alla lunghezza delle rotaie: così si potranno per ogni quadro impiegare due rotaie disposte diagonalmente. Questo sistema non è applicabile alle rotaie senza fori per le eclisses, a meno che alle fascie le quali coronano ogni piano se ne aggiungano delle altre collocate a distanza minore.

Nella formazione di queste pile si dovranno aver le seguenti avvertenze:

La scelta delle rotaie deve farsi accuratamente, avvertendo di non porre in opera le rotaie troppo deteriorate pel lungo uso.

Le rotaie tolte dalle porzioni di strada in curva dovranno esser raddrizzate, il che si potrà eseguire facilmente non essendo necessario di raddrizzarle perfettamente.

Le rotaie componenti un medesimo piano dovranno esser precisamente della stessa lunghezza ed esser egualmente inclinate.

Il piano inferiore potrà erigersi sopra suole, oppure si potrà armare una delle estremità della rotaia d'una puntazza a vite, ed avvitare questi ritti nel suolo avvertendo di affondarli tutti alla stessa profondità, onde le basi di tutti i piani riescano parallele tra di loro. Questo risultato in pratica è spesso difficile ad ottenersi.

Il carico delle rotaie dovrà essere di 1^k ad 1^k, 25 per millimetro quadrato di sezione. Si ammette così che il carattere provvisorio dell'opera compensi la cattiva qualità del legname, poichè 1^k, 25 è pure la carica che si potrebbe imporre ad un montante in ferro di buona qualità impiegato in un opera permanente. La sezione d'una rotaia di 35 chilogrammi per metro corrente essendo di circa 4500 millimetri quadrati, ogni rotaia potrà sopportare un peso di 4 a 5 tonnellate: tale è la regola di cui si può far uso per calcolare il numero delle rotaie necessarie nel piano superiore.

Nei piani inferiori questo numero deve esser aumentato di due rotaie per ciascun piano sino alla base.

Oltre al servire come ritti nella formazione delle pile, le rotaie, nelle riparazioni militari, si possono ancor impiegare

posandole direttamente attraverso alla breccia che si vuol riparare.

Per le breccie d'una larghezza inferiore alla lunghezza delle rotaie si formerà attraverso alla breccia uno strato di rotaie, e sopra tale strato, composto d'un numero di esse proporzionale al quadrato della portata, si poggierà la parte superiore della struttura della strada.

Ove sia possibile, sarà più vantaggioso impiegare parecchi strati di rotaie sovrapposti gli uni agli altri senza porli a contatto, ma bensì separando ciascun strato mediante traversine distanti tra di loro da 1 a 2 metri. Il carico sarà così meglio ripartito tra le diverse rotaie.

Per portate di 2^m a $2^m,50$ ciascuna rotaia del binario potrà esser sostenuta semplicemente da un altra rotaia collocata colla suola in su. Questo sistema è anche impiegato sulle linee ordinarie.

Finalmente per portate maggiori di 5^m a $5^m,50$ bisognerà impiegare dei pezzi formati mediante rotaie unite alle loro estremità ad eclisses, coll'avvertenza di forzare tra le estremità delle rotaie così unite dei piccoli cunei di ferro o di lamiera, onde impedire il giuoco delle caviglie d'eclisses nei loro fori elittici.

Questo procedimento per campate un pò estese esigerebbe dei chilometri di rotaie il che sarebbe pesante e costoso; quindi allorchè la portata supera i 5^m50, sarà meglio abbandonare questo ripiego il quale non ha altro vantaggio che di risparmiare completamente la mano d'opera, e formar con rotaie e traverse delle travi armate analoghe alle travi Americane. Le rotaie s'impiegheranno per formare i due tiranti del trave: le traversine per i monaci. Le croci di S. Andrea si potranno fare con traversine oppure con rotaie.

I pezzi trasversali del ponte saranno rotaie munite alle

due estremità d' una doppia fascia con incastri: le rotaie componenti i tiranti del trave armato ed i monaci si contrasteranno a vicenda, e le congiunzioni s' otterranno mediante staffe in ferro collocate a caldo le quali abbracciano le rotaie.

L' invariabilità del sistema s'otterrà, sino ad un certo punto, cacciando a forza delle biette di legno e dei cunei di ferro od in lamiera nelle congiunzioni tra le rotaie e le traverse, e tra le estremità delle rotaie dei tiranti. Tutti i pezzi obliqui saranno considerati come pezzi che devono resistere alla compressione, cioè non si uniranno ai monaci od ai tiranti, ma saranno solamente forzati ed imbiettati negli angoli di questi.

Per calcolare il numero di corsi di rotaie di cui deve esser composto ciascun tirante del trave armato si procederà per approssimazioni: si stabilirà dapprima la distanza verticale tra la faccia superiore del tirante superiore e la faccia inferiore del tirante inferiore, distanza che dovrà esser minore di $2^m,30$ o $2^m,40$ se le traversine sono lunghe $2^m,70$: si stabilirà in seguito provvisoriamente il numero di corsi di rotaie con cui si vogliono formare i tiranti, e se ne dedurrà la distanza del centro di gravità della sezione di ciascuna di queste parti al centro di gravità del trave. Questi dati serviranno per calcolare con una prima approssimazione il momento d'inerzia della sezione resistente del trave.

Il momento d' inerzia I d' una rotaia ordinaria è circa 0,00001 : il coefficiente $\frac{I}{V}$ per la stessa rotaia è circa 0,00150: la sezione d'una rotaia di 35 chiloghammi è 44800 millimetri quadrati: il coefficiente di resistenza R si può ritenere eguale a 5000000 per il ferro delle rotaie.

Facendo uso di questi dati si può calcolare per ogni al-

tezza e per ogni portata il numero di rotaie di cui deve constare ciascun tirante.

I risultati che si ottengono sono generalmente troppo piccoli e converrà moltiplicarli per un coefficiente da determinarsi con esperienze.

La costruzione di queste travi richiedono poca mano d'opera, bastando pochi falegnami e pochi fabbri per le intaccature alle traverse e per le staffe e biette delle rotaie. Tuttavia essendo impossibile, specialmente in campagna, di togliere completamente il giuoco nelle varie congiunzioni, si può ritenere che l'impiego di rotaie e traversine è un ripiego al quale non si deve ricorrere che in casi eccezionali, ponendo la maggior attenzione possibile sia nella costruzione che nella conservazione dell' opera costrutta. In nessun caso poi si deve addottare tale ripiego per breccie superiori a 25 o 30 metri di portata.

TESI LIBERE

MECCANICA APPLICATA

Pendolo Conico di Watt.

COSTRUZIONI

Gallerie

GEOMETRIA PRATICA

Teodoliti

MACCHINE A VAPORE

Iniettore Giffard